© А.О. Орлов, Ю.Г. Смирнов, 2015

УДК 622.281.4:666.9.017 (470.21)

А.О. Орлов, Ю.Г. Смирнов

СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ НАБРЫЗГБЕТОННОЙ КРЕПИ НА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ

Представлены результаты исследований при создании системы комплексного контроля параметров набрызгбетонной крепи действующего горнорудного предприятия, направленные на обеспечение безопасного ведения горных работ.

Ключевые слова: крепление, набрызгбетонная крепь, прочность, неразрушающий контроль, горная выработка.

Отработка месторождений склонных и опасных по горным ударам, а так же переход разработки рудного тела на большие глубины, обуславливают необходимость решения новых задач по креплению.

Эксплуатация подземных рудников на ОАО «Апатит» характеризуется общим понижением уровня горных работ, ухудшением горно-геологических условий и снижением устойчивости горных выработок, которое связано с высоким уровнем действующих напряжений на отрабатываемых горизонтах и повышенной удароопасностью массива. Ведение горных работ в таких условиях особенно остро ставит вопрос обеспечения безопасности, в связи с чем, вопросы поддержания горных выработок и контроль их состояния приобретают все большую актуальность.

На подземных рудниках крепление бетоном достигает 90% от общего объема всех закрепленных выработок, при этом доля набрызгбетона составляет более 80%.

Для организации системы контроля набрызгбетонной крепи на Кировском руднике было выбрано несколько участков на горизонте +90 м: западный откаточный штрек ЗОШ-2 и 15 откаточный орт, на данный момент расположенных вне зоны влияния очистных работ. На горизонте +90 м были заложены площадки для долговременного наблюдения за горными выработками и крепью.

В процессе исследований для получения объективной информации о состояния массива и крепи решались следующие задачи: определение параметров нарушенной зоны вокруг выработки, динамики набора прочности бетона в конструкциях крепи и лабораторных условиях, несущей способности набрызгбетонной крепи; оценка геометрических параметров крепи (определение толщины, трещиноватости); определение поперечных смещений стенок выработки.

Одно из главных требований к конструкции набрызгбетонной крепи – соответствие фактической прочности бетона проектным значениям. При всем многообразии контролируемых параметров бетона определяющим принято считать показатель прочности, который характеризуется маркой бетона.

Твердение многокомпонентных составов на основе цементов – процесс, зависящий не только от состава бетона и качества его компонентов, но и целого ряда внешних факторов: температуры и влажности окружающего воздуха, способа и плотности укладки. В подземных условиях твердение бетона характеризуется рядом особенностей. К ним можно отнести: повы-

шенный уровень влажности 85–95%, низкая температура рудничного воздуха и горных пород +(4–6 °С), что замедляет динамику набора прочности.

В настоящее время в тоннелестроении и на горнодобывающих предприятиях принят разрушающий способ контроля прочности бетона, к которому относится метод стандартных образцов. Пробы бетона отбирают из одной партии, хранят непосредственно на рабочем месте и испытывают через 28 суток. Кроме того, прочность бетона в конструкциях, как правило, отличается от прочности в контрольных образцах-кубах. Разница в показаниях прочности может составлять 10–40%. Для подземных условий был адаптирован современный метод неразрушающего контроля, применяемый в гражданском строительстве [1].

Контроль прочности набрызгбетонной крепи в горных выработках осуществлялся с использованием электронного склерометра Шмидта. Прибор предназначен для определения прочности бетона в диапазоне от 5 до 70 МПа при температуре от –10 до +60 °С. Действие прибора основано на методе упругого отскока (ударного импульса).

Предварительно были выполнены сравнительные испытания прочности бетона на сжатие с использованием лабораторного пресса и электронного склерометра [2].

Для производства измерений в подземных условиях на каждой станции формировались 3–4 площадки с ровной поверхностью путем шлифовки алмазным диском или оттиском по свежеуложенному набрызгбетону. Прочность набрызгбетона замерялась (орт 15) в возрасте 7 суток, 30 суток, 180 и 360 суток (марочная прочность В25).

На рис. 1 показаны площадки замеров прочности бетона на 1 и 4 наблюдательных станциях в откаточных выработках.

Средняя величина прочности по каждой площадке измерения рассчитывалась как среднеарифметическое значение по 12 замерам (по ГОСТу 5 замеров). Максимальное и минимальное значение показателей прочности из расчетов исключалось. Также определялось среднеквадратичное отклонение прочности и коэффициент вариаций. Среднеквадратичное отклонение прочности набрызгбетона составляло 1,3–3,2 МПа, коэффициент вариаций 3–8%.

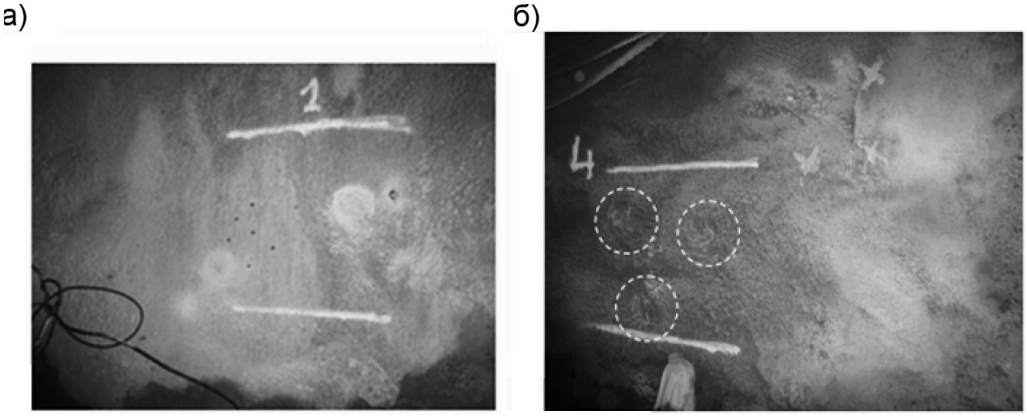

Рис. 1. Площадки замеров прочности бетона на 1 и 4 наблюдательных станциях: а) площадка подготавливалась методом шлифования; б) площадка подготавливалась оттиском по свежеуложенному набрызгбетону

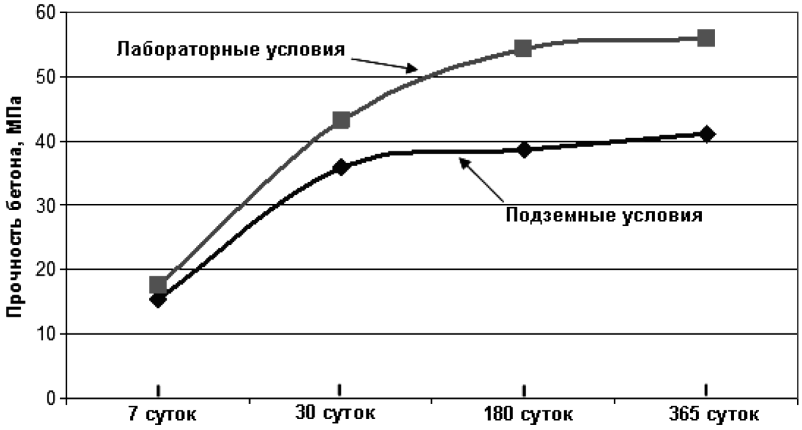

Рис. 2. Динамика набора прочности бетона в подземных и лабораторных условиях

Динамика набора прочности набрызгбетона по усредненным значениям в подземных и лабораторных условиях представлена на рис. 2.

Как видно из рис. 2, основной прирост прочности в подземных условиях происходит в первые 30 суток и составляет 82–87% от годовой прочности, в дальнейшем, увеличение прочности незначительное и в среднем составляет в возрасте 180 суток – 6–10%. Расхождения в значениях прочности в подземных и лабораторных условиях в возрасте 30 суток составило 14–17%, в 365 суток 22–27%, что можно объяснить различными условиями твердения (влияние температуры), а также несколько отличным друг от друга грансоставом (за счет отскока набрызгбетона при нанесении) [3].

Для оценки несущей способности крепи проводились замеры толщины набрызгбетона на стенках и своде выработки, для чего аккумуляторным перфоратором сверлились отверстия диаметром 5 мм. При заданном значении толщины крепи 10 см колебания толщины крепи составляли от 8,9 до

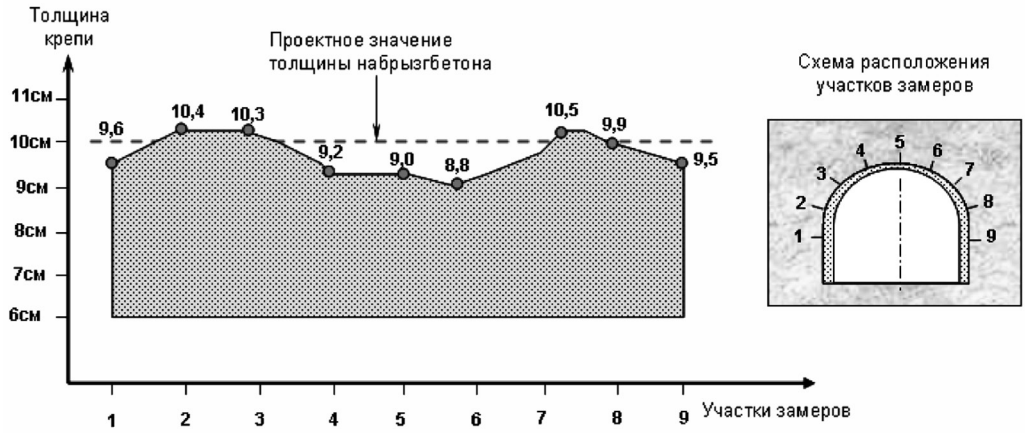

Рис. 3. Изменение значения толщины набрызгбетона по периметру откаточной выработки

11 см. На рис. 3 показано изменение значения толщины набрызгбетона по периметру откаточной выработки.

В сводовой части выработки зафиксировано наибольшее отклонение толщины набрызгбетона от проектных значений (8–12%). В целом, толщина набрызгбетона соответствует проектному показателю.

Была дана оценка качества набрызгбетона на участке ЗОШ-2 (возраст набрызгбетона 8 лет). После восьмилетнего времени твердения состояние поверхности набрызгбетона хорошее, трещин, шелушения и сколов визуально не обнаружено. Толщина набрызгбетонной крепи составляла 7–10 см. Среднее значение прочности по четырем участкам в восьмилетнем возрасте составляло 43,3 МПа, что в 1,4 раза больше марки бетона по прочности (В22,5) в месячном возрасте.

На данном этапе производства работ можно предположить, что данная величина прочности бетона – 43,3 МПа является конечной или идет снижение прочности с увеличением возраста (старение бетона).

Для оценки поперечных смещений крепи на всех станциях замерялось расстояние между стенками горной выработки с помощью лазерной рулетки (между двумя анкерными болтами). Ширина выработки определялась по 5 замерам. В виду отсутствия, в настоящее время, влияния очистных работ поперечных смещений стенок выработки в течение года не зафиксировано (в пределах погрешности измерений).

Внедрение системы контроля параметров набрызгбетонной крепи позволяет решить вопросы обеспечения безопасности ведения горных работ, так как поддержание выработок на больших глубинах приобретает первостепенное значение.

Выполненные исследования показывают техническую возможность использования способа неразрушающего контроля в подземных условиях и свидетельствуют о его эффективности для оперативного и длительного контроля прочностных характеристик набрызгбетонной крепи.

В целом значение прочности бетонной крепи в подземных горных выработках, замеренной в течение года, соответствует проектным показателям, однако, в некоторых случаях характеризуется замедленной динамикой набора прочности во времени. Основной прирост прочности в подземных условиях происходит через 30 суток (85%), в возрасте 180 суток прирост составляет 6–10%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *ГОСТ 22690–88*. Бетоны. Определение прочности бетона методами неразрушающего контроля.

2. *Орлов А.О., Смирнов Ю.Г.* Контроль прочности бетонной крепи как способ обеспечения безопасности при эксплуатации горных выработок // Безопасность труда в промышленности. – 2009. – № 6. – С. 28–30.

3. *Орлов А.О., Смирнов Ю.Г.* Обеспечение безопасности горных выработок при их строительстве и эксплуатации / Проблемы комплексного освоения георесурсов. Материалы IV Всероссийской научной конференции с участием иностранных ученых. Хабаровск, Россия, 27–29 сентября 2011, т. 1. – Хабаровск, 2011. – С. 105–109. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Орлов Александр Орестович – научный сотрудник, e-mail: aleor@goi.kolasc.net.ru,
Смирнов Юрий Геннадьевич – научный сотрудник, e-mail: smirnov@goi.kolasc.net.ru,
Горный институт Кольского научного центра РАН.

UDC 622.281.4:666.9.017 (470.21)

COMPLEX CONTROL SYSTEM FOR PARAMETERS OF A SHOTCRETE SUPPORT AT THE DEEP LEVELS

Orlov A.O.[1], Researcher, e-mail: aleor@goi.kolasc.net.ru,
Smirnov Yu.G.[1], Researcher, e-mail: smirnov@goi.kolasc.net.ru,
[1] Mining Institute of Kola Scientific Centre of Russian Academy of Sciences, Apatity, 184209, Russia.

The paper presents research results on creation of the complex control system for parameters a shotcrete support at an operating mining enterprise. The results focus on providing safe mining operations.

Key words: support, shotcrete support, strength, undestroying control, mining working.

REFERENCES

1. *Betony. Opredelenie prochnosti betona metodami nerazrushayushchego kontrolya. GOST 22690-88* (Concrete. Estimation of strength of concrete with nondestructive control methods. State Standart 22690-88).
2. Orlov A.O., Smirnov Yu.G. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2009, no 6, pp. 28–30.
3. Orlov A.O., Smirnov Yu.G. *Problemy kompleksnogo osvoeniya georesursov. Materialy IV Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s uchastiem inostrannykh uchenykh*, t. 1 (Problems of comprehensive exploitation of georesources. Proceedings of IV All-Russian conference in partnership with foreign scientists, vol. 1), Khabarovsk, 2011, pp. 105–109.

ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (ПРЕПРИНТ)

СПОСОБ ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ МЕТАНА УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Тайлаков Олег Владимирович – доктор технических наук, профессор, зав. лабораторией, e-mail: tailakov@uglemetan.ru,
Тайлаков Виталий Олегович – кандидат технических наук, научный сотрудник, e-mail: vt@ngs.ru,
Застрелов Денис Николаевич – кандидат технических наук, научный сотрудник, e-mail: zastrelov@uglemetan.ru,
Кормин Алексей Николаевич – младший научный сотрудник, e-mail: kormin@uglemetan.ru,
Институт угля Сибирского отделения Российской академии наук.

Представлен способ оценки ресурсов метана угольных пластов, основанный на методологиях и учитывающий физико-химические свойства углей и глубину залегания угольных пластов. Рассмотрены подходы для оценки ресурсов угольного метана выработанного пространства, учитывающие особенности его поступления из угольных пластов в процессе и по завершении угледобычи. Проведен сбор и обобщение горно-геологических данных (газоносность, мощность, влажность, зольность, углы падения пластов, плотность угля, стратиграфический разрез по шахтному полю, промышленные запасы угля по пластам). Представлена модель распределения остаточных ресурсов метана в газовых коллекторах.

Ключевые слова: оценка ресурсы метана, угольный пласт, выработанное пространство, газовые коллектора, газоносность угольных пластов.

EVALUATION METHOD OF METHANE RESOURCES IN COAL BEDS

Tailakov O.V.[1], Doctor of Technical Science, Professor, Head of Laboratory, e-mail: tailakov@uglemetan.ru,
Tailakov V.O.[1], Candidate of Technical Sciences, Researcher, e-mail: vt@ngs.ru,
Zastrelov D.N.[1], Candidate of Technical Sciences, Researcher, e-mail: zastrelov@uglemetan.ru,
Kormin A.N.[1], Research Assistant, e-mail: kormin@uglemetan.ru,
[1] Institute of Coal of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 650065, Kemerovo, Russia.

The method of evaluation of the methane resources in coal beds based on methodologies and considering physical-and-chemical properties of coals and depth of coal beds is presented. Approaches to evaluation of coal methane resources from gobs, considering peculiarities of its intake from coal beds during and after completion of coal mining are considered. To accomplish the task on estimation of methane resources in coal beds, collecting and generalizing of mining-and-geological data, such as gas content, capacity, humidity, inclinations, coal density, columnar section through the mine field, commercial reserves of coal as per beds is carried out. Considering the existing approach to evaluation of the methane resources in coal beds, along with application of the modern computing algorithms, the model of distribution of residual resources of methane in gas reservoirs is presented. The data regarding the current status and utilization of coal methane from beds are provided, potential opportunities of its use are given. It is emphasized that it will allow not only receiving additional power source, but also it will provide efficiency of the development of coal fields, and also safety at conducting mining operations due to increase of accuracy of the evaluation of the reserves and resources of methane in coal beds.

Key words: evaluation of methane resources, coal bed, gob, gas collector, gas content of coal beds.